

IMBANGAN CPO DAN MINYAK LIMBAH IKAN PATIN DISUPLEMENTASI *EMULSIFIER LYSOFORTE* DALAM RANSUM TERHADAP AKTIVITAS ENZIM PENCERNAAN BROILER

Aulia Shafa Ghallyah^{1*}, Denny Rusmana¹, Abun¹

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363, Indonesia

*Email: aulia21006@mail.unpad.ac.id

(Submitted: 23-06-2025; Revised: 19-12-2025; Accepted: 30-12-2025)

ABSTRAK

Crude Palm Oil (CPO) dan minyak limbah ikan patin mengandung lemak sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam ransum broiler. Penambahan emulsifier dimaksudkan untuk meningkatkan penyerapan lemak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh imbalanced CPO dan minyak limbah ikan patin yang disuplementasi *emulsifier lysoforte* dalam ransum terhadap aktivitas enzim pada duodenum broiler. Percobaan dilakukan terhadap 120 ekor sampel broiler strain Cobb, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan empat ulangan. Perlakuannya meliputi P1 (ransum mengandung 3% CPO+*emulsifier lysoforte*), P2 (ransum mengandung 2% CPO+1% MLIP+*emulsifier lysoforte*), P3 (ransum mengandung 1,5% CPO+1,5% MLIP+*emulsifier lysoforte*), P4 (ransum mengandung 1% CPO+2% MLIP+*emulsifier lysoforte*), dan P5 (ransum mengandung 3% MLIP+*emulsifier lysoforte*). Variabel yang diamati meliputi aktivitas enzim amilase, protease, dan lipase. Hasil penelitian menunjukkan penambahan minyak limbah ikan patin dan CPO yang disuplementasi dengan *emulsifier lysoforte* memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap aktivitas enzim amilase dan lipase, namun tidak berbeda nyata terhadap aktivitas enzim protease. Ransum broiler P3 yang mengandung 1,5% CPO, 1,5% minyak limbah ikan patin dan *emulsifier lysoforte* memberikan hasil yang paling baik terhadap aktivitas enzim amilase dan lipase dibanding perlakuan lainnya.

Kata kunci: Aktivitas enzim, broiler, *crude palm oil*, minyak limbah ikan patin, *emulsifier*

CPO AND CATFISH WASTE OIL BALANCE SUPPLEMENTED WITH LYSOFORTE EMULSIFIER IN RATIONS ON DIGESTIVE ENZYME ACTIVITY OF BROILER CHICKENS

ABSTRACT

Crude Palm Oil (CPO) and catfish waste oil contain fat, making them suitable energy sources in broiler rations. The addition of emulsifiers is intended to increase fat absorption. This study aimed to determine the effect of the balance of CPO and catfish waste oil supplemented with Lysoforte emulsifier in the ration on enzyme activity in the broiler duodenum. The experiment was conducted on 120 Cobb strain broiler samples, using a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and four replications. The treatments included P1 (ration containing 3% CPO+lysoforte emulsifier), P2 (ration containing 2% CPO+1% MLIP+lysoforte emulsifier), P3 (ration containing 1.5% CPO+1.5% MLIP+lysoforte emulsifier), P4 (ration containing 1% CPO+2% MLIP+lysoforte emulsifier), and P5 (ration containing 3% MLIP+lysoforte emulsifier). The observed variables included amylase, protease, and lipase enzyme activity. The results showed that the addition of catfish waste oil and CPO supplemented with lysoforte emulsifier gave significantly different results on amylase and lipase enzyme activity, but not significantly different on protease enzyme activity. The P3 broiler ration containing 1.5% CPO, 1.5% catfish waste oil, and lysoforte emulsifier gave the best results on amylase and lipase enzyme activity compared to other treatments.

Keywords: Enzyme activity, broiler chicken, crude palm oil, catfish waste oil, emulsifier

PENDAHULUAN

Pakan dengan optimalisasi nutrisi yang tepat merupakan perhatian utama dalam manajemen usaha ayam pedaging (broiler) untuk menjawab tantangan

pertumbuhan dan perkembangan (Nalle *et al.*, 2021), efisiensi pakan, kesehatan (Yadav & Jha, 2019), produksi dan kualitas daging (Choi *et al.*, 2023), serta nilai ekonomi yang maksimal (Ahiwe *et al.*, 2018). Kandungan energi dibanding nutrisi lainnya dalam

formulasi pakan menunjukkan pengaruh yang cukup signifikan pada komponen biaya pakan (Abdollahi *et al.*, 2021). Broiler memiliki kebutuhan energi yang tinggi (Musigwa *et al.*, 2024), di mana pada fase starter dan finisher, broiler memiliki kebutuhan energi sebesar 3000 dan 3100 (BSN, 2015). Penambahan komponen lemak dan minyak dalam pakan broiler dapat memenuhi kebutuhan energi (Sizova & Ryazantseva, 2022), sehingga mengurangi kadar serat kasar dan abu (Shoaib *et al.*, 2023), meningkatkan efisiensi pakan (Pirgozliev *et al.*, 2019), performa pertumbuhan dan kualitas daging (Shoaib *et al.*, 2021), serta memperbaiki cita rasa daging broiler (Cullere *et al.*, 2019).

Crude palm oil (CPO) merupakan hasil samping industri sawit dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam ransum broiler, karena kaya akan asam lemak jenuh, karotenoid, dan vitamin E (antioksidan) dan harganya relatif lebih murah (Winurdana *et al.*, 2023). Penggunaan CPO dalam ransum ayam diketahui meningkatkan efisiensi pakan (Kerr *et al.*, 2024), pertumbuhan, kualitas karkas (Wan Mohamed *et al.*, 2025; Saminathan *et al.*, 2022), dan terbukti mempengaruhi aktivitas enzim antioksidan pada saluran pencernaan namun efeknya bervariasi pada enzim pencernaan spesifik (lipase, amilase, protease) tergantung pada tingkat penambahan dan komposisi pakan (Izuddin *et al.*, 2023). Namun saat ini minyak kelapa sawit juga menjadi bahan pendukung pangan bagi manusia dan menjadi salah satu bahan bakar kendaraan bermotor (biofuel), sehingga dibutuhkan bahan alternatif yang memiliki peran sama dengan CPO dalam ransum broiler (Jimenez-Moya *et al.*, 2021).

Ikan patin (*Pangasius sp.*) atau dikenal dengan *catfish* merupakan salah satu komoditas perikanan air tawar dengan jumlah produksi di Indonesia mencapai 431.381 ton pada tahun 2023, yang meningkat dari tahun sebelumnya sebesar 340.444 ton (KKP, 2024). Lemak yang cukup tinggi pada limbah ikan patin sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pakan sumber asam lemak esensial. Persentase asam lemak tak jenuh pada bagian perut limbah ikan patin sebesar 54,38% (Febrianto & Sudarmo, 2020). Pada bagian jeroan, limbah ikan patin memiliki kandungan lemak sebesar 78,19% (Abun *et al.*, 2025). Tingginya lemak yang terkandung dalam limbah ikan patin tepatnya pada bagian kepala, sirip ekor, maupun jeroan baik itu lemak perut (abdomen), saluran pencernaan, hati, maupun empedu, dapat dimanfaatkan lebih lanjut salah satunya melalui proses ekstraksi dengan hasil akhir berupa minyak limbah ikan patin yang potensial untuk dijadikan bahan baku pakan sumber energi (Aryani *et al.*, 2024).

Broiler fase starter (0-21 hari) masih memiliki keterbatasan fisiologis dalam hal menyerap dan mencerna lemak karena kadar produksi enzim lipase alami dan laju produksi garam empedu yang belum optimal (Arshad *et al.*, 2021), sehingga diperlukan emulsifier untuk pemanfaatan lemak (Oketch *et al.*,

2022). Analisis lebih lanjut perlu dilakukan untuk memastikan broiler dapat mencerna dan menyerap nutrisi secara maksimal, mengevaluasi kesesuaian dari formulasi pakan, dan mengetahui kualitas dari hasil produk minyak limbah ikan patin yang dikombinasikan dengan *emulsifier lysoforte*. Salah satu pengujian yang bisa dilakukan ialah uji aktivitas enzim amilase, protease, dan lipase pada duodenum broiler. Hasil penelitian Attia *et al.* (2020) menyatakan bahwa enzim amilase intestinal meningkat 10,5-12,5% yaitu sebesar 3,33 U/mL dengan suplementasi minyak ikan pada level 1,5% pada pakan broiler. Selain itu, penelitian Elbaz *et al.* (2023) menghasilkan nilai aktivitas lipase yang disuplementasi dengan minyak ikan pada level 3% sebesar 10,8 U/mL dan aktivitas amilase sebesar 4,05 U/mL.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh imbangan CPO dan minyak limbah ikan patin yang ditambah *emulsifier lysoforte* terhadap aktivitas enzim amilase, protease, dan lipase pada duodenum broiler, sehingga diharapkan dapat diperoleh imbangan CPO dan minyak limbah ikan patin dengan penambahan *emulsifier lysoforte* untuk menghasilkan aktivitas enzim amilase, protease, dan lipase terbaik pada broiler.

BAHAN DAN METODE

Materi

Bahan yang digunakan dalam penelitian di antaranya ialah limbah ikan patin yang didapatkan dari Pasar Dangdeur Rancaekek, minyak limbah ikan patin yang dihasilkan dari lemak yang terkandung dalam limbah ikan patin dan sudah melalui proses ekstraksi, crude palm oil, dan *emulsifier lysoforte* yang berasal dari Kemira Industries. Objek yang diamati dalam penelitian ini ialah broiler strain Cobb sebanyak 120 ekor DOC (*Day Old Chicken*) yang diperoleh dari PT. Berkah Utama Satwa. Pemeliharaan broiler dilakukan selama 5 minggu secara intensif. Ayam dibagi menjadi 5 (lima) kelompok perlakuan pakan dengan pengulangan masing-masing sebanyak 4 (empat) kali yang ditempatkan secara acak ke dalam 20 unit kandang individu. Setiap ayam diberikan wing tag untuk penomoran ayam sehingga memudahkan pencatatan dan dilakukan penimbangan pada masa awal pemeliharaan untuk melihat keseragaman bobot dari DOC. Kandang yang digunakan selama pemeliharaan broiler ialah kandang semi tertutup (*semi closed house*). Ransum penelitian yang digunakan dalam uji biologis diformulasikan sesuai dengan standar kebutuhan nutrisi broiler. Komponen bahan pakan penyusun ransum tersebut terdiri dari jagung, bungkil kedelai, dedak padi halus, tepung ikan teri, tepung tulang, CaCO₃, minyak kelapa, minyak limbah ikan patin, lisin, metionin, top mix, dan feed additive yaitu *emulsifier lysoforte*. Susunan formulasi ransum penelitian disajikan pada Tabel 1 dan kandungan nutrisi serta energi metabolisme ransum penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Susunan formulasi ransum penelitian

Bahan Pakan	Ransum Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
	%.....				
Jagung	54,60	54,60	54,60	54,60	54,60
Bungkil Kedelai	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dedak Halus	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tepung Ikan	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Tepung Tulang	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
CaCO ₃	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
CPO	3,00	2,00	1,50	1,00	0,00
MLIP	0,00	1,00	1,50	2,00	3,00
Lysine	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Metionin	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Top Mix	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Perlakuan P1: ransum mengandung CPO 3%+emulsifier lysoforte, P2: ransum mengandung CPO 2%+MLIP 1%+emulsifier lysoforte, P3: ransum mengandung CPO 1,5%+MLIP 1,5%+emulsifier lysoforte, P4: ransum mengandung CPO 1%+MLIP 2%+emulsifier lysoforte, P5: ransum mengandung MLIP 3%+emulsifier lysoforte. MLIP: minyak limbah ikan patin.

Tabel 2. Kandungan nutrisi dan energi metabolis ransum penelitian

Ransum	Nutrien								
	PK	LK	SK	Ca	P	Lis	Met	Sis	EM
	%.....								
P1	21,95	5,10	3,45	0,95	0,68	1,43	0,57	0,32	3214,2
P2	21,95	5,09	3,45	0,95	0,68	1,43	0,57	0,32	3180,1
P3	21,95	5,22	3,45	0,95	0,68	1,43	0,57	0,32	3283,8
P4	21,95	5,09	3,45	0,95	0,68	1,43	0,57	0,32	3179,3
P5	21,95	5,11	3,45	0,95	0,68	1,43	0,57	0,32	3251,5

PK: protein kasar, LK: lemak kasar, SK: serat kasar, Ca: kalsium, P: fosfor, Lis: lisin, Met: metionin, Sis: sistin, EM: energi metabolis. Perlakuan P1: ransum mengandung CPO 3%+emulsifier lysoforte, P2: ransum mengandung CPO 2%+MLIP 1%+emulsifier lysoforte, P3: ransum mengandung CPO 1,5%+MLIP 1,5%+emulsifier lysoforte, P4: ransum mengandung CPO 1%+MLIP 2%+emulsifier lysoforte, P5: ransum mengandung MLIP 3%+emulsifier lysoforte.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Agustus-Desember 2024 dengan tahapan di antaranya pembuatan minyak limbah ikan patin, pemeliharaan, pengumpulan sampel, pengujian, dan pengolahan data. Tempat pelaksanaan penelitian di antaranya Mini Feedmill Fakultas Peternakan, Ruang Mikrobiologi, Kandang Unggas Ciparanje, dan Laboratorium Nutrisi Ternak Unggas, Non Ruminansia, dan Industri Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran.

Desain dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdapat 5 (lima) perlakuan pakan dengan pengulangan sebanyak 4 (empat) kali pada setiap perlakuannya sehingga didapatkan 20 satuan percobaan. Perlakuan yang diberikan yakni P1 (ransum mengandung 3% CPO+emulsifier lysoforte), P2

(ransum mengandung 2% CPO+1% MLIP+emulsifier lysoforte), P3 (ransum mengandung 1,5% CPO+1,5% MLIP+emulsifier lysoforte), P4 (ransum mengandung 1% CPO+2% MLIP+emulsifier lysoforte), dan P5 (ransum mengandung 3% MLIP+emulsifier lysoforte).

Pengambilan sampel dilakukan pada usus ayam dan sampel diambil pada usus halus bagian duodenum. Kemudian sampel digesta dianalisis aktivitas enzim amilase, protease, dan lipase di Ruang Mikrobiologi dan Laboratorium Nutrisi Ternak Unggas, Non Ruminansia, dan Industri Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran.

Ekstrak enzim kasar

Pembuatan ekstrak enzim dari *duodenum* ayam mengacu pada [Fitriliyani \(2018\)](#). Saluran pencernaan tepatnya bagian *duodenum* dicuci dengan menggunakan aquades dan dikeringkan menggunakan kertas pengisap. Usus dari setiap perlakuan diambil sebanyak 1 g kemudian dihancurkan dengan menggunakan mortal sampai halus, dihomogenkan,

dan dimasukkan ke dalam masing-masing tabung sentrifugasi yang sudah diberikan label. Tambahkan 10 mL larutan buffer fosfat 0,05 M pH 7, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 12.000 rpm selama 20 menit. Maka, didapatkan supernatan sebagai ekstrak enzim kasar dan digunakan untuk pengujian aktivitas enzim sebagai sampel.

Uji aktivitas amilase

Sebelum dilakukan uji aktivitas amilase dilakukan pembuatan kurva standar. Penentuan kurva standar glukosa mengacu pada [Pratantie *et al.* \(2021\)](#). Uji aktivitas amilase menggunakan metode DNS reagen dengan menentukan kurva standar glukosa melalui penambahan larutan glukosa dengan konsentrasi 10 mg/mL, 20 mg/mL, 30 mg/mL, 40 mg/mL, dan 50 mg/mL masing-masing dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 1 mL. Kemudian, pada setiap tabungnya ditambahkan 1,5 mL reagen DNS. Tempatkan tabung reaksi pada inkubator dengan suhu 100°C selama 10 menit. Terkait nilai blanko, dibuat dengan mencampurkan 1 mL aquades dan 1,5 mL reagen DNS. Selanjutnya diukur absorbansi dari larutan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 515,6 nm. Pengujian aktivitas enzim amilase dari *duodenum* ayam mengacu pada [Pratantie *et al.* \(2021\)](#). Ekstrak enzim sebanyak 1 mL direaksikan dengan 1 mL substrat dalam buffer fosfat 0,2 M pH 7. Lalu dihomogenkan dengan menggunakan vortex dan dilakukan inkubasi pada suhu 70°C selama 20 menit. Setelah larutan diinkubasi, diambil sebanyak 1 mL dan 1,5 mL reagen DNS ditambahkan ke dalam larutan sampel. Campuran dihomogenkan dengan menggunakan vortex lalu diinkubasi kembali selama 10 menit pada suhu 100°C. Kemudian, larutan didinginkan pada suhu ruang selama 20 menit, setelah dingin larutan dimasukkan ke dalam vial dan diukur absorbansinya pada gelombang maksimal 515,6 nm.

Uji aktivitas lipase

Pengujian aktivitas enzim lipase dilakukan dengan metode titrasi yang mengacu pada [Layly & Wiguna \(2016\)](#). Sebanyak 5 mL substrat (25% minyak zaitun + 1,5% Poly Vinyl Alcohol (PVA) + air) kemudian ditambahkan 4 mL buffer fosfat 0,05 M pH 7 dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang selanjutnya ditambahkan dengan 1 mL enzim. Setelah itu, dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 20 menit. Setelah diinkubasi, ditambah 20 mL metanol dan 2 tetes indikator Phenol Phtalin (PP). Selanjutnya dilakukan titrasi dengan titran NaOH 0,05 M. Satu unit enzim didefinisikan sebagai kemampuan enzim dalam membebaskan 1 µmol asam lemak bebas dalam setiap menit.

Uji aktivitas protease

Sebelum dilakukan uji aktivitas protease dilakukan pembuatan kurva standar. Penentuan kurva standar tirosin mengacu pada [Lani *et al.* \(2019\)](#). Pembuatannya dilakukan dengan menambahkan tirosin dengan konsentrasi tirosin di antaranya 0,005 mg/mL,

0,01 mg/mL, 0,02 mg/mL, 0,03 mg/mL, 0,04 mg/mL, dan 0,05 mg/mL ke dalam masing-masing tabung reaksi sebanyak 1 mL. Kemudian ditambahkan 2,5 mL Na₂CO₃ dan reagen Folin-Ciocalteu sebanyak 0,5 mL. Larutan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 660 nm. Metode *Sigma's Aldrich Protease Activity Assay* yang telah dimodifikasi digunakan untuk pengujian aktivitas enzim protease mengacu pada [Lani *et al.* \(2019\)](#). Sebanyak 0,5 mL larutan kasein 1% di masukkan ke dalam tabung reaksi kemudian di pra-inubasi dalam *waterbath* pada suhu 37°C selama 5 menit. Selanjutnya, ditambahkan 0,5 mL larutan ekstrak enzim sampel dan dihomogenkan dengan menggunakan vortex. Setelah itu diinkubasi pada suhu 37°C selama 10 menit di *waterbath*. Apabila sudah diinkubasi, ditambahkan 1,25 mL TCA 5% yang bertujuan untuk menghentikan reaksi hidrolisis oleh enzim, kemudian diamkan selama 10 menit pada suhu ruang. Selanjutnya larutan disentrifugasi pada kecepatan 4.000 rpm selama 10 menit, kemudian ambil supernatan hasil sentrifugasi sebanyak 0,5 mL dan ditambahkan Na₂CO₃ sebanyak 1,25 mL serta 0,25 mL reagen Folin-Ciocalteu. Setelah itu, larutan diinkubasi pada suhu 37°C selama 10 menit di *waterbath*. Kemudian absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 660 nm.

Variabel yang Diamati

Aktivitas enzim pada *duodenum* broiler yang diamati dalam penelitian ini meliputi enzim amilase, lipase dan protease. Aktivitas enzim amilase dinyatakan dalam unit per mL dan dihitung mengacu pada [Pratantie *et al.* \(2021\)](#) menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Aktivitas enzim amilase} = \frac{\text{Glukosa}}{\text{BM Glukosa}} \times 1000 \times \frac{1}{t}$$

Keterangan:

Glukosa : Konsentrasi glukosa dari kurva standar glukosa
BM Glukosa : Berat molekul glukosa yaitu 180 g/mol
1000 : Konversi ppm ke µg
t : Waktu Inkubasi (menit)

Aktivitas enzim lipase dihitung mengacu pada [Sa'diyah & Kimia \(2019\)](#) menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Aktivitas enzim lipase} = \frac{(V_s - V_b) \times (\text{titran}) \times 1000}{V_{\text{enzim}} \times t}$$

Keterangan:

V_s : Volume titran yang digunakan untuk titrasi sampel (mL)
V_b : Volume titran yang digunakan untuk titrasi blanko (mL)
Titran : 0,05 M
1000 : Nilai konversi dari mmol ke satuan µmol
V_{enzim} : 1 mL
t : Waktu inkubasi

Aktivitas enzim protease dihitung mengacu pada [Lani *et al.* \(2019\)](#) menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Aktivitas enzim protease} = \frac{\text{Tyrosin}}{\frac{1}{\text{Jumlah enzim (ml)}}} \times 1000$$

Keterangan:

Tyrosin : Konsentrasi tyrosin dari kurva standar tyrosin
 Jumlah enzim : Volume ekstrak enzim yang digunakan pada reaksi
 1000 : Konversi ppm ke μg
 t : Waktu Inkubasi (menit)

Analisis Data

Model matematika Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang digunakan pada percobaan ini, menurut Gaspersz (2006) adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Nilai pengamatan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j
 μ = Nilai rata-rata umum
 α_i = Pengaruh perlakuan ke-i
 ε_{ij} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j
i = Banyaknya perlakuan ke-i (1,2,3,4,5)
j = Banyaknya ulangan ke-j (1,2,3,4)

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis sidik ragam. Selanjutnya, apabila hasil yang diperoleh dari sidik ragam menunjukkan terdapat perbedaan antar perlakuan yang nyata ($p < 0,05$), maka dilakukan uji lanjut menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan (Gaspersz, 2006).

Tabel 3. Rataan nilai aktivitas enzim amilase, enzim lipase, dan enzim protease

Perlakuan	Enzim Amilase (U/mL)	Enzim Lipase (U/mL)	Enzim Protease (U/mL)
P1	8,566 $\pm$ 0,723 ^b	9,938 $\pm$ 0,657 ^b	0,257 $\pm$ 0,003
P2	8,572 $\pm$ 0,451 ^b	9,625 $\pm$ 0,322 ^{bc}	0,250 $\pm$ 0,016
P3	9,445 $\pm$ 0,108 ^a	10,625 $\pm$ 0,433 ^a	0,240 $\pm$ 0,002
P4	7,981 $\pm$ 0,476 ^c	10,750 $\pm$ 0,353 ^a	0,253 $\pm$ 0,023
P5	8,407 $\pm$ 0,575 ^b	10,813 $\pm$ 0,515 ^a	0,258 $\pm$ 0,032
Rata - rata	8,594 $\pm$ 0,467	10,350 $\pm$ 0,456	0,252 $\pm$ 0,015

^{abcd}Superscript berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$). Perlakuan P1: ransum mengandung CPO 3%+emulsifier lysoforte, P2: ransum mengandung CPO 2%+MLIP 1%+emulsifier lysoforte, P3: ransum mengandung CPO 1,5%+MLIP 1,5%+emulsifier lysoforte, P4: ransum mengandung CPO 1%+MLIP 2%+emulsifier lysoforte, P5: ransum mengandung MLIP 3%+emulsifier lysoforte.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas Enzim Amilase

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa imbalan *crude palm oil* (CPO) dan minyak limbah ikan patin (MLIP) yang ditambah *emulsifier lysoforte* dalam ransum broiler memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap aktivitas enzim amilase pada *duodenum*nya. Pada Tabel 3 diperoleh hasil bahwa rata-rata nilai aktivitas enzim amilase tertinggi terdapat pada perlakuan ransum P3 yaitu 9,445 U/mL dan rata-rata nilai terendah terdapat pada perlakuan ransum P4 yaitu 7,981 U/mL. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa aktivitas enzim amilase pada *duodenum* broiler yang diberi ransum P3 yang mengandung *crude palm oil* 1,5%, minyak limbah ikan patin 1,5%, dan *emulsifier lysoforte* menghasilkan rata-rata aktivitas enzim amilase yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P1, P2, P4, dan P5.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan pencernaan dan penyerapan nutrisi pada broiler di antaranya ialah jumlah lipatan dan luas permukaan pada epitel usus serta jumlah vili dan mikrovili yang berperan memperluas penyerapan. Kesehatan saluran pencernaan yang meningkat, secara

stimultan akan berdampak pada aktivitas enzim pencernaan sehingga dihasilkan penyerapan nutrisi yang lebih baik (Sari *et al.*, 2019; Alagawany *et al.*, 2018). Amilase pankreas merupakan enzim utama yang bertanggung jawab atas pencernaan pati pada unggas (Taubner *et al.*, 2023). Faktor-faktor yang mendukung keberhasilan produksi enzim amilase yang tinggi salah satunya ialah substrat dengan kandungan pati yang tinggi. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Muliasari & Permatasari (2022) tinggi atau rendahnya aktivitas suatu enzim ditentukan juga oleh jumlah substratnya dan aktivitas enzim dapat meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah substrat. Berdasarkan dengan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa aktivitas enzim amilase pada ransum broiler P3 yang mengandung *crude palm oil* 1,5%, minyak limbah ikan patin 1,5%, dan *emulsifier lysoforte* menghasilkan rata-rata aktivitas enzim amilase yang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan P1, P2, P4, dan P5 dengan nilai yaitu 9,445 U/mL. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Attia *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa enzim amilase intestinal meningkat 10,5-12,5% yaitu sebesar 3,33 U/mL dengan suplementasi minyak ikan pada level 1,5% pada pakan broiler.

Pemberian pakan yang mengandung lemak yang tinggi dan rendah karbohidrat pada broiler dapat menurunkan tingkat transkripsi mRNA amilase sedangkan pakan dengan kandungan karbohidrat yang tinggi cenderung meningkatkan produksinya (Benzertiha *et al.*, 2019). Hal tersebut sejalan dengan mekanisme adaptasi terhadap ketersediaan substrat pada duodenum. Penurunan ini merupakan bentuk respon adaptasi fisiologis yang dipicu oleh rendahnya kadar karbohidrat pada duodenum sehingga penurunan stimulus terhadap pankreas untuk memproduksi enzim amilase menurun (Benzertiha *et al.*, 2019). Dengan kata lain, broiler menyesuaikan sintesis enzim pencernaan berdasarkan dengan jenis substrat yang dominan dalam saluran pencernaan dan respons adaptif tersebut merupakan efisiensi metabolik broiler dalam menyesuaikan produksi enzim terhadap komposisi nutrisi pakan.

Aktivitas Enzim Lipase

Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 3 dihasilkan bahwa imbangan *crude palm oil* (CPO) dan minyak limbah ikan patin (MLIP) yang ditambah *emulsifier lysoforte* pada ransum broiler memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap aktivitas enzim lipase pada *duodenum*-nya. Aktivitas enzim lipase dengan rata-rata nilai tertinggi terdapat pada perlakuan ransum P5 yang ditambahkan minyak ikan patin sebesar 3% dan *emulsifier lysoforte* yaitu 10,813 U/mL dan rata-rata nilai terendah terdapat pada perlakuan ransum P2 yaitu 9,625 U/mL. Ransum broiler P5 yang mengandung 3% minyak limbah ikan patin (MLIP) dan *emulsifier lysoforte* memiliki rata-rata aktivitas enzim lipase tertinggi, yaitu 10,813 U/mL. Meskipun demikian, hasil uji Duncan menunjukkan bahwa antara perlakuan ransum broiler P3, P4, dan P5 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap aktivitas enzim lipase pada *duodenum*.

Minyak ikan yang dihasilkan dari sisa pengolahan filet ikan patin melalui proses ekstraksi memiliki kandungan asam lemak jenuh berupa asam palmitat 33,95%, asam lemak tak jenuh tunggal yaitu asam oleat 35,85%, dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) sebesar 12,35% berupa asam lemak linoleat, linolenat, EPA, dan DHA (Noor *et al.*, 2021). Di sisi lain, asam lemak yang mendominasi minyak sawit merah yaitu asam palmitat sebesar 44% sebagai asam lemak jenuh utama yang terkandung dalam minyak sawit, selain itu asam lemak lainnya seperti asam stearat sebesar 5%, asam oleat (MUFA) 39%, dan asam linoleat (PUFA) 11% (Marliyati *et al.*, 2021). Berdasarkan pernyataan tersebut, minyak limbah ikan patin memiliki kandungan asam lemak tak jenuh ganda dengan persentase yang lebih besar dibandingkan dengan minyak kelapa sawit. Nilai aktivitas enzim lipase pada perlakuan ransum P5 memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal tersebut karena minyak limbah ikan patin memiliki kandungan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) yang tinggi. Diketahui asam lemak tak jenuh memiliki ikatan rangkap pada rantai karbonnya dengan

strukturnya lebih fleksibel, sehingga lebih mudah dicerna dan diserap oleh lipase dibandingkan dengan asam lemak jenuh (SFA) dan energi yang dihasilkan lebih banyak sehingga membantu meningkatkan produktivitas (Abun *et al.*, 2025).

Lebih lanjut, jenis maupun jumlah minyak yang ditambahkan ke dalam ransum bisa berpengaruh terhadap aktivitas enzim pencernaan, dimana minyak dengan kandungan asam lemak jenuh (SFA) yang tinggi mengurangi sekresi lipase pankreas dan kandungan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) yang tinggi pada minyak meningkatkan produksi dan sekresi lipase pankreas (Elbaz *et al.*, 2023)). Hal tersebut didukung oleh pernyataan Taubner *et al.* (2023) bahwa daya cerna lemak dan minyak bergantung pada karakteristik kimia dan fisik asam lemak penyusunnya. Nilai aktivitas enzim lipase yang dihasilkan pun sejalan dengan penelitian Elbaz *et al.* (2023) yang menghasilkan nilai aktivitas lipase yang disuplementasi dengan minyak ikan pada level 3% sebesar 10,8 U/mL.

Kecernaan lemak juga sangat dipengaruhi oleh imbangan antara asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Tanchaenrat *et al.* (2014) asam lemak tak jenuh di cerna dengan baik pada ileum bagian bawah terlepas dari sumber lemaknya. Asam lemak tak jenuh yang terkandung pada bagian perut limbah ikan patin ialah sebesar 54,38% (Febrianto & Sudarmo, 2020) sedangkan kandungan asam lemak tersebut pada CPO lebih rendah yaitu berkisar 48,6% berdasarkan hasil analisa Summary Report Customer Laboratory (SIGL, 2023). Lebih lanjut Leeson & Summer (2001) menyatakan absorpsi asam lemak sangat dipengaruhi oleh imbangan asam lemak oleat dan palmitat, semakin tinggi imbangan antara asam lemak oleat dan palmitat maka absorpsi palmitat akan semakin tinggi. Oleh karena itu, diperlukannya pertimbangan terkait imbangan asam lemak dalam upaya meningkatkan kecernaan lemak. Berdasarkan hasil analisa Summary Report Customer Laboratory Service (SIGL, 2023), asam lemak oleat yang terkandung pada CPO ialah sebesar 37,58% sedangkan palmitat sebesar 44,88% atau didapatkan imbangan oleat : palmitat (1 : 1,19), disisi lain imbangan oleat dengan palmitat untuk minyak limbah ikan patin ialah 35,97% : 34,19% atau 1 : 0,95 (Ayu *et al.*, 2019). Dengan demikian penambahan minyak limbah ikan patin meningkatkan imbangan asam lemak oleat dan palmitat yang pada gilirannya meningkatkan kecernaan dan absorpsi lemak.

Hasil hidrolisis trigliserida oleh enzim lipase menghasilkan monogliserida, asam lemak bebas, dan gliserol yaitu ikatan ester. Pada saat proses pencernaan lemak pada broiler, monogliserida dan asam lemak tak jenuh rantai panjang lebih mudah dalam membentuk misel bersama garam empedu karena memiliki polaritas yang lebih tinggi sehingga memiliki sifat lebih mudah larut dalam lingkungan cair usus tepatnya pada bagian epitel usus setelah berbentuk misel (Attia *et al.*, 2020). Sementara itu, asam lemak jenuh

memiliki kemampuan yang lebih rendah dalam membentuk misel karena sifat polaritasnya lebih rendah. Namun, asam lemak tak jenuh secara sinergis dapat membantu pembentukan misel dari asam lemak jenuh ketika keduanya dicampur baik melalui peningkatan kelarutan campuran maupun stabilisasi struktur misel (Hu *et al.*, 2017). Dengan demikian, efisiensi kerja enzim lipase tidak hanya ditentukan oleh aktivitas hidrolitiknya, tetapi juga oleh kemampuan hasil hidrolisisnya untuk berinteraksi dengan garam empedu dalam pembentukan misel. Kandungan asam lemak tak jenuh dalam ransum berperan penting dalam mendukung proses ini sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan lemak dan ketersediaan energi bagi broiler.

Aktivitas Enzim Protease

Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 3 dihasilkan bahwa imbalan *crude palm oil* (CPO) dan minyak limbah ikan patin (MLIP) yang ditambah *emulsifier lysoforte* pada ransum broiler memberikan pengaruh tidak nyata ($p>0,05$) terhadap aktivitas enzim protease pada *duodenum*nya. Terlihat bahwa rata-rata nilai aktivitas enzim protease tertinggi terdapat pada perlakuan ransum P5 yaitu 0,258 U/mL dan rata-rata terendah terdapat pada perlakuan ransum P3 yaitu 0,240 U/mL. Berdasarkan dengan hasil penelitian yang disajikan pada tabel 3 dapat disimpulkan bahwa beragam persentase penambahan minyak limbah ikan patin maupun minyak kelapa sawit pada perlakuan memberikan pengaruh yang sama atau tidak berbeda jauh terhadap aktivitas enzim protease pada *duodenum* broiler. Hal tersebut dapat dipengaruhi karena tinggi dan rendahnya nilai aktivitas enzim protease pada broiler dikorelasikan dengan ketersediaan substrat dalam sumber protein yang digunakan dalam pakan (Zavelinski *et al.*, 2024; Foltyn *et al.*, 2015).

Enzim protease bekerja spesifik terhadap substrat berupa ikatan peptida pada molekul protein. Protease merupakan enzim yang sangat penting yang bertanggung jawab untuk memecah protein menjadi peptida dan kemudian menjadi asam amino (Taubner *et al.*, 2023). Minyak ikan mengandung asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) seperti asam linoleat yang dapat meningkatkan efisiensi metabolisme energi dan mendukung fungsi pankreas (Attia *et al.*, 2020). Secara tidak langsung, minyak ikan tersebut berkontribusi terhadap peningkatan aktivitas enzim protease karena metabolik berada pada kondisi yang optimal dan melalui stimulasi fungsi pankreas, merangsang sekresi enzim pencernaan. Walaupun lemak yang terkandung dalam minyak limbah ikan patin tidak berhubungan langsung dengan aktivitas enzim protease pada broiler, namun, residu peptida dan asam amino yang tersisa dalam minyak limbah ikan patin dapat merangsang sekresi enzim protease serta mendukung fungsi absorpsi protein. Aktivitas enzim protease yang semakin tinggi pada broiler dapat berpengaruh terhadap kemampuan ayam yang semakin tinggi dalam menggunakan protein yang nantinya akan memberikan

pengaruh terhadap laju pertumbuhannya (Ding *et al.*, 2016).

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Imbalan *crude palm oil* (CPO) dan minyak limbah ikan patin (MLIP) yang di suplementasi dengan *emulsifier lysoforte* memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap aktivitas enzim amilase dan enzim lipase namun memberikan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap aktivitas enzim protease pada *duodenum* broiler. Broiler yang diberi ransum yang mengandung 1,5% *crude palm oil* dan 1,5% minyak limbah ikan patin yang ditambah *emulsifier lysoforte* memberikan hasil yang terbaik pada aktivitas enzim amilase dengan nilai 9,445 U/mL dan aktivitas enzim lipase dengan nilai 10,813 U/mL. Penambahan 1,5% *crude palm oil* dan 1,5% minyak limbah ikan patin dapat digunakan sebagai bahan pakan sumber energi dan *emulsifier lysoforte* dapat digunakan sebagai *feed additive* pada ransum broiler.

Produk minyak limbah ikan patin dapat dilanjutkan dan dikembangkan dengan menambahkan tahap pemurnian sehingga dapat mengetahui adanya perbedaan dengan minyak limbah ikan patin kasar terhadap aktivitas enzim amilase, protease, dan lipase pada *duodenum* broiler.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, M. R., Wiltafsky-Martin, M., & Ravindran, V. (2021). Application of apparent metabolizable energy versus nitrogen-corrected apparent metabolizable energy in poultry feed formulations: A continuing conundrum. *Animals*, 11(8), 2174. <https://doi.org/10.3390/ani11082174>
- Abun, A., Haetami, K., Rusmana, D., & Ramdhan, R.F. (2025). Macroscopic physical properties and nutrient content in the fermentation of *Pangasius* waste by single cultures and microbial consortiums and their potential for feed. *Microbiologyopen*, 14(4), e70040. <https://doi.org/10.1002/mbo3.70040>
- Ahiwe, E. U., Omede, A. A., Abdallah, M. B., & Iji, P. A. (2018). Managing dietary energy intake by broiler chickens to reduce production costs and improve product quality. *Animal husbandry and nutrition*, 115, 115-145. <https://dx.doi.org/10.5772/intechopen.76972>
- Alagawany, M., Elnesr, S. S., & Farag, M. R. (2018). The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 19(3), 157. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30349560/>
- Arshad, M.A., Ul-Hassan, F., Bhatti, S.A., Rehman, M.S., Yousaf, W., Younus, G., Sizmaz, o., & Bilal, M.Q. (2021). Supplementation of bile

- acids and lipase in broiler diets for better nutrient utilization and performance: Potential effects and future implications – A review. *Annual Animal Science*, 21(3), 757–787. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0099>
- Aryani, A., Suharman, I., Heltonika, B., Edison, Yulindra, A., & Stefani, N. (2024). Asian redtail catfish (*Hemibagrus nemurus*) larvae response to commercial feed enriched with fish oil derived from *Pangasius* waste. *BIO Web of Conferences*, 136, 01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413601006>
- Attia, Y. A., Al-Harhi, M. A., & Abo El-Maaty, H. M. (2020). The effects of different oil sources on performance, digestive enzymes, carcass traits, biochemical, immunological, antioxidant, and morphometric responses of broiler chicks. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 181. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00181>
- Ayu, D. F., Diharmi, A., & Ali, A. (2019). Characterization of the oil from the abdomen part of smoked catfish (*Pangasius hypophthalmus*) processing by-product. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 187-197. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i1.26473>
- Benzertiha, A., Kierończyk, B., Rawski, M., Kolodziejewski, P., Bryszak, M., & Józefiak, D. (2019). Insect oil as an alternative to palm oil and poultry fat in broiler chicken nutrition. *Animals*, 9(3), 116. <https://doi.org/10.3390/ani9030116>
- [BSN] Badan Standar Nasional. 2015. *SNI 8173.2:2015 Tentang Pakan Ayam Ras Pedaging (Broiler) – Bagian 2: Masa Awal (Starter) dan SNI 8173.3:2015 Tentang Pakan ayam ras Pedaging (Broiler) – Bagian 3: Masa Akhir (Finisher)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Choi, J., Kong, B., Bowker, B. C., Zhuang, H., & Kim, W. K. (2023). Nutritional strategies to improve meat quality and composition in the challenging conditions of broiler production: A review. *Animals*, 13(8), 1386. <https://doi.org/10.3390/ani13081386>
- Cullere, M., Schiavone, A., Dabbou, S., Gasco, L., & Dalle Zotte, A. (2019). Meat quality and sensory traits of finisher broiler chickens fed with black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae as alternative fat source. *Animals*, 9(4), 140. <https://doi.org/10.3390/ani9040140>
- Ding, X. M., Li, D. D., Li, Z. R., Wang, J. P., Zeng, Q. F., Bai, S. P., ... & Zhang, K. Y. (2016). Effects of dietary crude protein levels and exogenous protease on performance, nutrient digestibility, trypsin activity and intestinal morphology in broilers. *Livestock Science*, 193, 36-31. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.09.002>
- Elbaz, A. M., Zaki, E. F., Salama, A. A., Badri, F. B., & Thabet, H. A. (2023). Assessing different oil sources efficacy in reducing environmental heat-stress effects via improving performance, digestive enzymes, antioxidant status, and meat quality. *Scientific Reports*, 13(1), 20179. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47356-6>
- Febrianto, R., & Sudarmo. (2020). Fish oil production process from waste catfish (*Pangasius pangasius*) in Balai Besar Pengujian Penerapan Hasil Perikanan (BBP2HP) East Jakarta. *Journal of Marine and Coastal Science*, 9(2), 65-69. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v9i2.20251>
- Fitriyanti, I. (2018). Aktivitas enzim saluran pencernaan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan pakan mengandung tepung daun lamtoro (*Leucaena leucophala*) terhidrolisis dan tanpa hidrolisis dengan ekstrak enzim cairan rumen domba. *Bioscientiae*, 8(2), 16-31. <https://doi.org/10.20527/b.v8i2.193>
- Foltyn, M., Lichovniková, M., Rada, V., & Musilová, A. (2015). Apparent ileal digestibility of protein and amino acids in protein feedstuffs and trypsin activity in the small intestine in broiler chickens. *Czech J. Anim. Sci.*, 60(8), 375-382. <https://doi.org/10.17221/8407-CJAS>
- Gaspersz, V. (2006). *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan*. Jilid 1. Cet. ke 3. Bandung: Tarsito. P. 136-140.
- Hu, Y. D., Lan, D., Zhu, Y., Pang, H. Z., Mu, X. P., & Hu, X. F. (2017). Effect of diets with different energy and lipase levels on performance, digestibility and carcass trait in broilers. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(8), 1275. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0755>
- Izuddin, W. I., Loh, T. C., Nayan, N., Akit, H., Foo, H. L., & Noor, A. M. (2023). Antioxidant enzyme system modulation by dietary palm oils, palm kernel oil and soybean oil in laying hens. *Animals*, 13(14), 2245. <https://doi.org/10.3390/ani13142245>
- Jimenez-Moya, B., Barroeta, A.C., Guardiola, F., Soler, M.D., Rodriguez-Sanchez, R., & Sala, R. (2021). Replacement of palm oil with soybean acid oil in broiler chicken diet: fat digestibility and lipid class content along the intestinal tract. *Animals (Basel)*, 11(9), 2586. <https://doi.org/10.3390/ani11092586>
- Kerr, B. J., Pearce, S. C., Risley, C. R., Wilson, B. A., & Koltes, D. A. (2024). Energy digestibility in broilers and poult performance when fed palm or soybean oil with or without glyceryl monolaurate. *Poultry Science*, 103(12), 104442. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104442>
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2024). *Kelautan dan Perikanan dalam Angka Tahun 2024*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Lani, R. K., Kasmiyati, S., & Sukmana, A. (2019). Seleksi dan karakterisasi enzim protease dari getah tumbuhan *Ficus* spp. pada variasi suhu

- dan pH. In *Seminar Nasional Sains & Entrepreneurship*, 1(1), 1-5.
- Layly, I. R., & Wiguna, N. O. (2016). Studi potensi lipase *Alcaligenes faecalis* untuk aplikasi biodeterjen. *Jurnal Bioteknologi and Biosains Indonesia*, 3(2), 66-71.
<https://scholar.archive.org/fatcat/release/gbczteaiiba27ctveygg2lhbv4>
- Leeson, S., & Summer, J.D. (2001). *Nutrition of The Chicken*. Guelph, Ontario, Canada: University Books.
- Marliyati, S. A., Rimbawan, & Harianti, R. (2021). Physicochemical And Functional Characteristics Of Red Palm Oil. *Jurnal Gizi Masyarakat Indonesia (The Journal of Indonesian Community Nutrition)*, 10(1), 83-94.
<https://journal.unhas.ac.id/index.php/mgmi/article/view/20494>
- Muliasari, H., & Permatasari, L. (2022). Studi awal uji aktivitas enzim amilase dari tumbuhan secara kualitatif berdasarkan perbedaan suhu dan konsentrasi substrat. *Journal of Agritechology and Food Processing*, 2(1), 29-34.
<https://doi.org/10.31764/jafp.v2i1.9338>
- Musigwa, S., Cozannet, P., Asiamah, C. A., & Wu, S. B. (2024). Effects of dietary protein levels, net energy levels, and essential amino acid-to-true protein rations on broiler performance, *Animals*, 14(21), 3065.
<https://doi.org/10.3390/ani14213065>
- Nalle, C. L., Toelle, N., & Mawadah, U. (2021). Growth performance and nutrient digestibility of broilers fed different type of diets and feed additives. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 46(4), 304-324.
<https://doi.org/10.14710/jitaa.46.4.304-324>
- Noor, M. L., Diharmi, A., & Karnila, R. (2021). Karakteristik dan profil asam lemak kombinasi minyak ikan patin dan minyak hati ikan hiu. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(1), 122-130.
<https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i1.33821>
- Oketch, E.O., Lee, J.W., Yu, M., Hong, J.S., Kim, Y.B., Nawarathne, S.R., Chiu, J.W., & Heo J.M. (2022). Physiological responses of broiler chickens fed reduced-energy diets supplemented with emulsifiers. *Animal Bioscience*, 35(12), 1929-1939.
<https://doi.org/10.5713/ab.22.0142>
- Pirgozliev, V., Mansbridge, S. C., Rose, S. P., Mackenzie, A. M., Beccaccia, A., Karadas, F., ... & Bravo, D. (2019). Dietary essential oils improve feed efficiency and hepatic antioxidant content of broiler chickens. *Animal*, 13(3), 502-508.
<https://doi.org/10.1017/S1751731118001520>
- Pratantie, E. M., Bintoro, V. P., & Dwiloka, B. (2021). Isolasi enzim amilase dari kecambah kacang tunggak (*Vigna unguiculata*). *JITEK (Jurnal Ilmiah Teknosains)*, 7(1), 29-35.
<https://doi.org/10.26877/jitek.v7i1/Mei.8359>
- Sa'diyah, H., & Kimia, J. (2019). Isolasi, identifikasi, dan uji aktivitas flavonoid dari buah delima (*punica granatum l.*) sebagai inhibitor lipase pankreas. *Inovasi Kimia Dan Pembelajaran*, November, 69-81.
- Saminathan, M., Mohamed, W. N. W., Noh, A. M., Ibrahim, N. A., Fuat, M. A., & Ramiah, S. K. (2022). Effects of dietary palm oil on broiler chicken productive performance and carcass characteristics: A comprehensive review. *Trop. Animal Health And Production*, 54(1), 64.
<https://doi.org/10.1007/s11250-022-03046-5>
- Sari, Y. S. I., Suthama, N., & Sukanto, B. (2019). Perkembangan duodenum dan penambahan bobot badan pada ayam broiler yang diberi ransum dengan protein mikropartikel ditambah probiotik *Lactobacillus sp.* *Jurnal Penelitian Peternakan Terpadu*, 1(1), 4-12.
<https://doi.org/10.36626/jppt.v1i1.148>
- Shoaib, M., Bhatti, S. A., Ashraf, S., Hamid, M. M. A., Javed, M. M., Amir, S., ... & Saif-ur-Rehman, M. (2023). Fat digestion and metabolism: effect of different fat sources and fat mobilisers in broilers' diet on growth performance and physiological parameters—a review. *Annals of Animal Science*, 23(3), 641-661.
<https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0083>
- Shoaib, M., Bhatti, S. A., Nawaz, H., & Saif-ur-Rehman, M. (2021). Effect of different fat sources and energy levels on growth performance, nutrient digestibility and meat quality in broiler chicks. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(5).
<https://doi.org/10.36899/JAPS.2021.5.0325>
- [SIGL] Saraswati Indo Genetech Laboratorium. (2023). *Analisa Summary Report Customer Laboratory Service*. Bogor: Saraswati Indo Genetech Laboratorium
- Sizova, E. A., & Ryazantseva, K. V. (2022). Fats and emulsifiers in feeding broiler chickens. *Agric. Biology*, 57(4), 664-680.
<https://doi.org/10.15389/agrobiol.2022.4>
- Tanchaorenrat, P., Ravindran, V., Zaefarian, F., & Ravindran, G. (2014). Digestion of fat and fatty acids along the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Poultry Science*, 93(2), 371-379.
<https://doi.org/10.3382/ps.2013-03344>
- Taubner, T., Skřivan, M., Englmaierová, M., & Malá, L. (2023). Effects of hemp seed and flaxseed on enzyme activity in the broiler chicken digestive tract. *Animal*, 17(4), 100765.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100765>
- Wan Mohamed, W. N., MD Noh, A., Ibrahim, N. A., & Mookiah, S. (2025). Effects of the inclusion of crude palm oil and palm kernel meal on broiler performance and chicken meat

- texture. *Journal of Central European Agriculture*, 26(3), 592-605.
<https://doi.org/10.5513/JCEA01/26.3.4649>
- Winurdana, A. S., Sholihah, M. A., & Sofiyana, M. S. (2023). Penggunaan crude palm oil (CPO) berbagai level pada pakan terhadap performa bebek Peking. *Journal of Animal Research and Applied Science*, 4(2), 71-75.
<https://doi.org/10.22219/aras.v4i2.31253>
- Yadav, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of animal science and biotechnology*, 10(1), 2.
<https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>
- Zavelinski, V.A.B., Vieira, V.I., Bassi, L.S., de Almeida, L.M., Schramm, V.G., Maiorka, A., & de Oliveira, S.G. (2024). The effect of protease supplementation in broiler chicken diets containing maize from different batches on growth performance and nutrient digestibility. *Animal*, 18(12), 101363.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101363>

Available online at journal homepage: <http://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agrinimal>